

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

*III Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(Суми, 22–25 квітня 2014 року)*

**ЧАСТИНА 2**

*Конференція присвячена Дню науки в Україні*

Суми  
Сумський державний університет  
2014

## МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЖЕКТОРА ПРИ ЙОГО ОДНОЧАСНОМУ КОМПОНУВАННІ ЗІ СВЕРДЛОВИННИМ ШТАНГОВИМ НАСОСОМ

*Паневник О. В., професор, завідувач кафедри нафтогазової гідромеханіки,  
Дубей О. Я., аспірант, ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ*

При експлуатації нафтових свердловин установками електровідцентрових насосів (УЕВН) в останні десятиліття стали використовувати і струминні насоси, які встановлюють у свердловинах над електровідцентровими насосами [1, с. 72; 2, с. 51]. Такі установки отримали умовну назву «Гандем». За допомогою цих установок вдалося стабілізувати роботу електровідцентрових насосів, збільшити відбір продукції з нафтових свердловин, максимально використати енергію нафтового газу, який потрапляє із затрубного простору в струминний насос.

Струминний апарат (ежектор) у свердловинах, що експлуатуються УЕВН, можна розміщати і вище динамічного рівня свердловини [3, с. 72]. Таке технічне рішення забезпечує підтримання затрубного тиску на потрібному рівні, стабілізує роботу УЕВН і збільшує її міжремонтний період.

Будемо розглядати моделювання ежектора, встановленого у нафтовій свердловині, і допустимо, що в місці його установки в НКТ рухається тільки водонафтова суміш. Це означає, що весь нафтовий газ розчинений у нафті.

З метою моделювання роботи ежектора у нафтовій свердловині при його одночасній компоновці зі свердловинним штанговим насосом (СШН) складено повне рівняння фізичного процесу, яким є робота ежектора в нафтовій свердловині, встановленим вище її динамічного рівня [4, с. 34]. При цьому за основний параметр роботи ежектора в свердловині прийнято повну енергію робочого та інжектваного потоків за одиницю часу на виході з ежектора. Робочим потоком є водонафтова суміш свердловини, а інжектованим – нафтовий газ із її затрубного простору. Повне рівняння фізичного процесу вказує лише на те, функцією яких параметрів ежектора і свердловини є основний параметр процесу. Користуючись складеним повним рівнянням процесу і  $\pi$ -теоремою, визначено критерії подібності, які потрібно використовувати при конструюванні моделей ежекторів для нафтових свердловин.

Рівняння для енергії на виході з рідинно-газового ежектора має вигляд

$$E_{вих} = E_{pex} + E_{inex} - E_1 - E_2 - E_3 - E_4 - E_5 - E_6 - E_7 - E_8, \quad (1)$$

де  $E_{pex}$ ,  $E_{inex}$  – енергія за одиницю часу водонафтової суміші та інжектованого газу перед входом у ежектор, Дж/с;  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  – втрата енергії відповідно інжектованого газу при попаданні в прийомну камеру, робочого потоку в циліндричній частині сопла і в соплі, Дж/с;  $E_4$ ,  $E_5$  –

втрата енергії робочого потоку в прийомній камері та при вході в камеру змішування, Дж/с;  $E_6$ ,  $E_7$ ,  $E_8$  – втрата енергії в камері змішування, в дифузори та при виході з дифузора, Дж/с.

Провівши ряд перетворень і виведень отримаємо таку залежність:

$$E_{вих} = E_{вих} \left( d_в, d_{шт}, \rho_{нв}, w_{вн}, p_{вх}, p_з, p_{нк}, d_{зк}, \rho_{зз}, k, R, T_з, d_1, l_1, \mu_{нв}, d_c, l_c, \alpha_c, l_0, l_2, d_2, \lambda_{кз}, K, T_{нв}, \rho_c, \alpha_\delta, d_{\delta 1}, d_{\delta 2}, v_\delta, w_{\delta 1}, \rho_{c\delta}, w_{mp} \right), \quad (2)$$

де  $d_в, d_{шт}$  – діаметри внутрішній НКТ і штанг, м;  $\rho_{нв}$  – густина водонафтової суміші, кг/м<sup>3</sup>;  $w_{вн}$  – швидкість руху суміші перед ежектором, м/с;  $p_{вх}$  – тиск водонафтової суміші перед входом у ежектор, Па;  $p_з, p_{нк}$  – тиск газу в затрубному просторі та в прийомній камері, Па;  $d_{зк}$  – діаметр зворотного клапана, м;  $\rho_{зз}$  – густина газу в затрубному просторі, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – показник адіабати;  $R$  – газова стала газу затрубного простору, Дж/(кг·град);  $T_з$  – температура газу в затрубному просторі, К;  $d_1$  – діаметр отвору, м;  $l_1$  – довжина отвору, діаметр якого  $d_1$ , м;  $\mu_{нв}$  – динамічна в'язкість водонафтової суміші, Па·с;  $d_c$  – діаметр вихідного отвору сопла, м;  $\alpha_c$  – кут конуса сопла, град;  $l_c$  – довжина конуса сопла, м;  $l_0$  – довжина вільного струменя водонафтової суміші у прийомній камері, м.

Рівняння (2) визначає масштаби моделювання ежектора, який встановлюється у нафтовій свердловині, що експлуатується СШН. Користуючись цими рівняннями, можна сконструювати моделі ежекторів, а далі розробити експериментальний стенд для випробування цих моделей.

Результати експериментальних стендових досліджень моделей ежекторів дадуть можливість оцінити працездатність і ефективність застосування ежекторів у нафтових свердловинах.

#### Список літератури

- 1 Мищенко, И.Т. Струйные насосы для добычи нефти / И. Т. Мищенко, Х. Х. Гумерский, В. П. Марьенко. – М.: Нефть и газ, 1996. – 150 с.
- 2 Дроздов, А. Н. Опытнo-промышленное внедрение погружных насосно-эжекторных систем в НГДУ «Федоровскнефть» / А. Н. Дроздов, А. В. Андрианов // Нефтяное хозяйство. – 1997. – №1. – С. 51-54.
- 3 Атнабаев, З.М. Сквaжинный эжектор для предотвращения повышения затрубного давления и срыва подачи УЭЦН / З. М. Атнабаев // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №4. – С. 72-74.
- 4 Молчанова, В. А. Исследование эффективности устройства для откачки газа из затрбного пространства / В. А. Молчанова, А. С. Топольников // Нефтепромысловое дело. – 2007. – №10. – С. 34-40.